

Lecciones Aprendidas



De los participantes de Natural Gas STAR

REEMPLAZO DE BOMBAS DE GLICOL PROPULSADAS CON GAS POR BOMBAS ELÉCTRICAS (Replacing Gas-Assisted Glycol Pumps with Electric Pumps)

Resumen gerencial

En el sector de producción de gas natural, se usan aproximadamente 38,000 deshidratadores de glicol para extraer el agua del gas. La mayoría de los sistemas deshidratadores de glicol usan trietilenglicol (TEG) como líquido absorbente y usan bombas para circularlo a través del deshidratador. Los operadores usan dos tipos de bombas de circulación: las bombas de glicol propulsadas con gas, también conocidas como “bombas de intercambio de energía” y las bombas eléctricas.

Las bombas propulsadas con gas son las bombas de circulación más comunes en las áreas remotas que no tienen acceso a suministros de energía eléctrica. Son básicamente bombas neumáticas impulsadas por gas, especialmente diseñadas a aprovechar la energía del gas de alta presión arrastrado en el trietilenglicol enriquecido que sale del contactor de gas. Es necesario tener una producción de gas húmedo de alta presión para tener la ventaja mecánica, y por lo tanto se transporta más gas metano enriquecido al regenerador de trietilenglicol, en donde se ventila con el agua hervida del trietilenglicol enriquecido. El diseño mecánico de estas bombas coloca trietilenglicol húmedo a alta presión opuesto a trietilenglicol seco a baja presión, separados solo por sellos de hule. Los sellos desgastados causan la contaminación del trietilenglicol puro lo que hace que sea menos eficiente para deshidratar el gas, lo cual requiere tasas más altas de circulación de glicol. Las emisiones típicas de metano son aproximadamente 1,000 pies cúbicos (Mcf) por cada millón de pies cúbicos (MMcf) de gas tratado.

Reemplazar las bombas propulsadas con gas por bombas eléctricas aumenta la eficiencia del sistema y reduce importante-mente las emisiones. Por ejemplo, un deshidratador de 10 MMcf al día podría ahorrar hasta 3,000 Mcf de gas al año, lo que tiene un valor de \$9,000.

Medida	Volumen del gas ahorrado (Mcf/año)	Valor del gas ahorrado (\$/año)	Costo de implementación (\$)	Período de recuperación de la inversión
Reemplazo de bombas propulsadas con gas en deshidratadores de glicol por bombas eléctricas	360 - 36,000 por sistema de deshidratación ¹	1,080 - 108,000 ²	2,100 - 11,700	< de 2 meses a varios años

¹ Según la tasa de circulación del trietilenglicol y la temperatura y presión de entrada del gas, según lo reportan los participantes de Natural Gas STAR.

² A un precio del gas de \$3.00 por Mcf.

Antecedentes tecnológicos

La mayoría de los productores de gas natural usan trietilenglicol (TEG) en los deshidratadores de gas para extraer el agua de la corriente de gas natural y cumplir con las normas de calidad de las tuberías. El trietilenglicol circula a través del sistema de deshidratación usando bombas impulsadas por motores eléctricos o un impulsor de turbina o pistón de expansión de gas. A ésta última se le llama bomba “propulsada por gas” o de “intercambio de energía”. En algunas operaciones, puede usarse un sistema combinado de bomba propulsada con gas y eléctrica.

El proceso de deshidratación del gas incluye los elementos siguientes:

- ★ El gas natural húmedo se alimenta al contactor de glicol, en donde burbujea a contra corriente a través el “TEG puro” (trietilenglicol sin el agua absorbida) en las bandejas de la torre del contactor.
- ★ El trietilenglicol puro absorbe el agua y bajo presión, algo de metano de la corriente de gas natural lo que lo convierte en “trietilenglicol enriquecido”.
- ★ El gas seco se va a la tubería de ventas.
- ★ Una operación de rehervido a presión atmosférica regenera el trietilenglicol enriquecido al calentar el glicol para extraer el agua, el metano y otros contaminantes absorbidos, los cuales se ventilan a la atmósfera.
- ★ El trietilenglicol (puro) regenerado se bombea de nuevo a presión del contactor y se inyecta en la parte superior de la torre del contactor.

El Cuadro 1 es un diagrama del sistema típico de un deshidratador de glicol. La chimenea de ventilación atmosférica del rehervidor/regenerador de glicol es la fuente principal de las emisiones de metano. La reducción de las emisiones de metano se logra al reducir la cantidad de gas húmedo que se desvía para complementar el trietilenglicol enriquecido que se genera en el rehervidor. Existen tres maneras de reducir el contenido de metano de la corriente de trietilenglicol enriquecido:

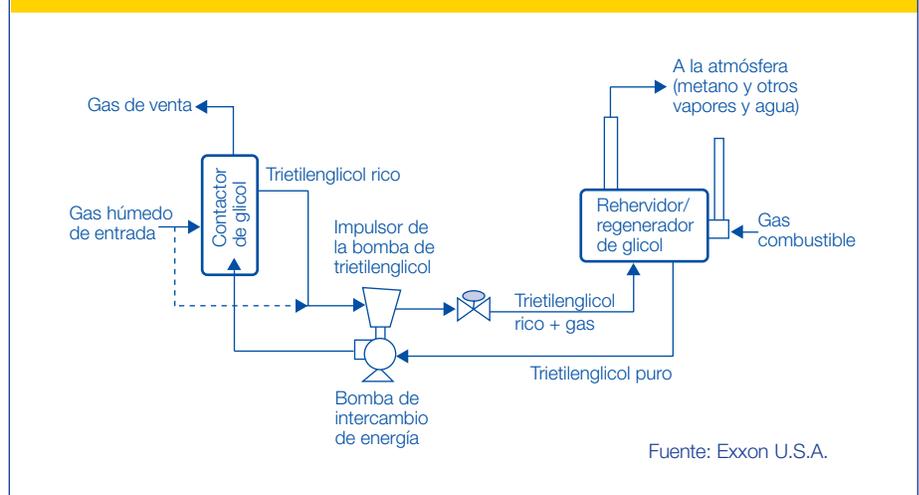
- ★ Reducción de la tasa de circulación del trietilenglicol.
- ★ Instalación de un depósito separador de líquido en el anillo de deshidratación.
- ★ Reemplazo de las bombas propulsadas con gas por bombas eléctricas.

El reemplazo de las bombas propulsadas con gas por bombas eléctricas está sujeto a este estudio de Lecciones Aprendidas. Las otras opciones de reducción de emisiones de metano se tratan en las *Lecciones Aprendidas* de EPA: *Optimización de la circulación de glicol e instalación de los depósitos separadores de líquido en los deshidratadores de glicol (Optimize Glycol Circulation and Install Flash Tank Separators in Glycol Dehydrators)*.

Bombas propulsadas con gas

La bomba de circulación más comúnmente usada en los sistemas de deshidratación es la bomba de glicol propulsada por gas. Un ejemplo de un tipo popular de pistón es el que se muestra en el Cuadro 2. Estas bombas mecánicas están especialmente diseñadas para usar trietilenglicol enriquecido y gas natural a alta presión como energía. Por su diseño, las bombas de glicol propulsadas con gas

Cuadro 1: Esquema del deshidratador



aumentan las emisiones de los sistemas de deshidratación al pasar el gas del impulsor neumático arrastrado en el trietilenglicol enriquecido al rehervidor. A continuación se describe una perspectiva general básica de la operación de la bomba:

- ★ El gas natural a alta presión arrastrado en el trietilenglicol enriquecido del contactor (más gas húmedo a alta presión adicional) se expande de la presión de contactor (200 a 800 psig) reduciéndose a la presión del rehervidor (cero psig), empujando contra el lado del impulsor del pistón del cilindro principal.
- ★ El otro lado de ese pistón empuja a un cilindro lleno de trietilenglicol puro a baja presión fuera del contactor a alta presión.
- ★ El pistón impulsor está conectado a un pistón opuesto, el cual expelle simultáneamente trietilenglicol enriquecido a baja presión al regenerador, mientras extrae el trietilenglicol puro a baja presión del regenerador.
- ★ Al final de la carrera, las válvulas deslizantes cambian la posición del pistón piloto, redirigiendo el trietilenglicol enriquecido a alta presión al cilindro impulsor opuesto. Las válvulas de retención de la succión y la descarga de los cilindros de trietilenglicol puro evitan el contraflujo.
- ★ Después los pistones se impulsan en la otra dirección, uno expandiendo el gas del trietilenglicol enriquecido mientras que se presuriza el trietilenglicol puro al contactor, el otro expeliendo el trietilenglicol que ahora está enriquecido y a baja presión al regenerador mientras que llena el otro lado con el trietilenglicol puro a baja presión del regenerador.
- ★ La mezcla de trietilenglicol enriquecido del lado del impulsor con gas natural a baja presión pasa al rehervidor en donde el gas arrastrado se separa y el agua se extrae de la solución con el trietilenglicol.

- ★ El vapor de agua y la mezcla de gas separada del metano y otros contaminantes de gas de hidrocarburo (VOC y HAP) se ventilan a la atmósfera.
- ★ Al final de cada carrera, se cambian los recorridos del flujo, y el trietilenglicol enriquecido a alta presión empuja los pistones de regreso.

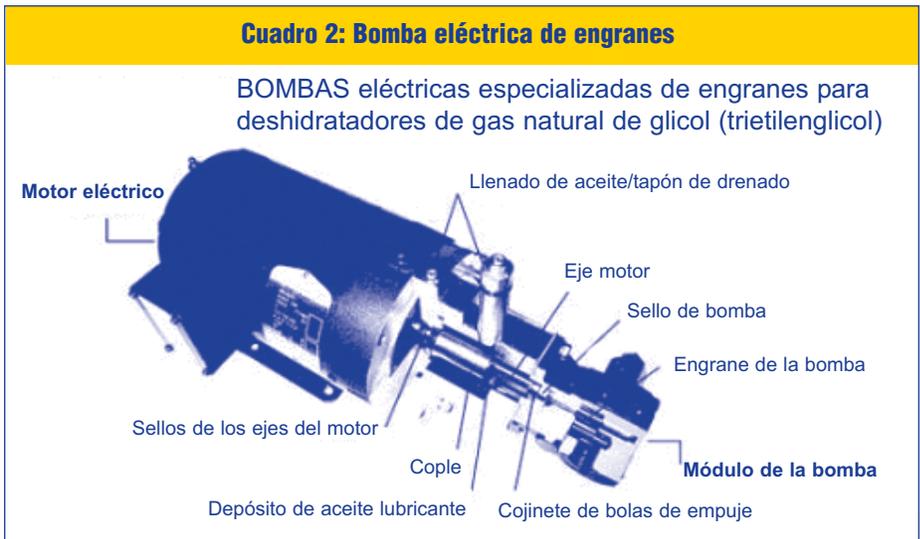
Este tipo de bomba tiene el requisito inherente de diseño de añadir gas adicional a alta presión para complementar la absorción del gas en el trietilenglicol enriquecido del contactor (aproximadamente dos volúmenes por uno) para proporcionar una ventaja mecánica en el lado del impulsor. Esto significa que la bomba propulsada con gas pasa aproximadamente tres veces más gas al regenerador que una bomba de motor eléctrico. Además, las bombas propulsadas con gas colocan trietilenglicol húmedo a alta presión opuesto a trietilenglicol seco a baja presión en cuatro lugares con anillos en los dos pistones o “arosellos” en la varilla conector del pistón central que los separa. Cuando los anillos del pistón se desgastan, se les hacen surcos o se desgastan los arosellos, las fugas de trietilenglicol enriquecido pasan, contaminando el trietilenglicol puro. Esta contaminación disminuye la capacidad del deshidratador para absorber el agua y reduce la eficiencia del sistema. Al final, la contaminación será tal que evitará que el gas cumpla con las especificaciones de tuberías (comúnmente 4 a 7 libras de agua por MMcf).

Con tan sólo 0.5 por ciento de contaminación de la corriente de trietilenglicol puro se puede duplicar la tasa de circulación que es necesaria para mantener la misma eficiencia de eliminación de agua. En algunos casos, los operadores pueden circular excesivamente el trietilenglicol conforme el deshidratador pierde eficiencia, lo cual a la vez, puede llevar a tener incluso mayores emisiones.

Beneficios económicos y para el medio ambiente

Bombas eléctricas

En contraste con las bombas propulsadas con gas, las bombas impulsadas con motores eléctricos tienen menos emisiones inherentes al diseño y no tienen forma para contaminar el trietilenglicol puro de la corriente rica. Las bombas eléctricas solamente mueven la corriente de trietilenglicol puro; el trietilenglicol enriquecido fluye por caída de presión directamente al regenerador, y contiene solamente hidrocarburos y metano disueltos. El Cuadro 2 muestra un ejemplo del ensamblado de una bomba eléctrica de glicol.



Fuente: Kimray, Inc

El uso de bombas eléctricas como alternativa a las bombas propulsadas con gas puede rendir importantes beneficios económicos y para el medio ambiente, incluyendo:

- ★ **Rendimiento financiero de la inversión a través de la reducción de pérdidas de gas.** Usando bombas de glicol propulsadas con gas reduce las emisiones de metano una tercera parte o más. Toda la producción de gas húmedo permanece en el sistema para deshidratarse y venderse como producto comercial. En muchos casos, el costo de implementación puede recuperarse en menos de un año.
- ★ **Aumento de la eficiencia operativa.** Los arosellos desgastados en las bombas de glicol propulsadas con gas pueden causar la contaminación de la corriente de trietilenglicol puro en el deshidratador, reduciendo la eficiencia del sistema y haciendo necesario el aumento de la tasa de circulación de glicol, aumentando las emisiones de metano. El diseño de las bombas eléctricas elimina el potencial de que ocurra esta contaminación y por lo tanto aumenta la eficiencia operativa del sistema.
- ★ **Reducción de los costos de mantenimiento. El reemplazo de las bombas de glicol propulsadas con gas con frecuencia reduce los costos anuales de mantenimiento.** Los arosellos del pistón flotante de las bombas propulsadas con gas deben reemplazarse cuando comienzan a tener fugas, generalmente cada 3 a 6 meses. Se elimina la necesidad de este reemplazo cuando se emplean bombas eléctricas.

Proceso de decisión

- ★ **Reducción del costo del cumplimiento con los reglamentos.** El costo de acatar los reglamentos federales de los contaminantes peligrosos del aire (HAP) puede reducirse mediante el uso de bombas eléctricas. Las emisiones de contaminantes peligrosos del aire del deshidratador, incluyendo los compuestos orgánicos volátiles como el benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX), son bastante menores en las unidades impulsadas con bombas eléctricas.

Puede usarse un proceso de cinco pasos para evaluar el reemplazo de bombas de glicol propulsadas con gas por bombas eléctricas. Cada paso requiere datos de campo para reflejar con precisión las condiciones del lugar que se evalúa.

Paso 1: Determinar si está disponible una fuente de electricidad. La electricidad para impulsar la bomba eléctrica puede comprarse en una red local o puede generarse en el lugar usando gas de boca de pozo o alquilado que de otra manera podría quemarse. Si está disponible una fuente de electricidad o puede obtenerse a buen precio, el operador deberá seguir al Paso 2. Cuando no hay una fuente de electricidad disponible, la única opción podría ser usar una bomba de glicol propulsada con gas. También deben tomarse en cuenta las bombas con combinación hidráulica y eléctrica para situaciones de campo en donde solamente está disponible una energía monofásica, cuando los costos de compra de energía son altos o si no hay suficiente servicio eléctrico para un motor eléctrico grande. Las bombas combinadas usan glicol húmedo a alta presión, para impulsar la bomba/el motor de eje rotativo hidráulico; se añade un pequeño motor eléctrico monofásico como ventaja mecánica, en lugar del gas húmedo desviado en la bomba propulsada por gas. En cualquier caso, usar una bomba eficiente, del tamaño correcto y bien mantenida ajustada a la tasa correcta de circulación puede minimizar la pérdida de gas.

Paso 2: Determinar el tamaño correcto de la bomba eléctrica. Hay una variedad de bombas eléctricas disponible para cumplir con los requisitos operativos específicos al lugar. Las bombas eléctricas de trietilenglicol pueden accionarse con CA o CC, monofásicas o trifásicas, 60 Hz o 50 Hz. Están disponibles con una selección de velocidades variables o constantes de operación. Las capacidades de la bomba fluctúan de 10 a 10,000 galones por hora (GPH).

Cinco pasos para la evaluación del uso de bombas eléctricas

1. Determinar si está disponible una fuente de electricidad.
2. Determinar el tamaño correcto de la bomba eléctrica.
3. Calcular los costos de capital, operación y mantenimiento.
4. Calcular la cantidad y el valor de los ahorros de gas.
5. Calcular los beneficios económicos netos del reemplazo.

El tamaño correcto de la bomba para el sistema de deshidratación debe calcularse de acuerdo con la tasa de circulación y la presión operativa del sistema. El Cuadro 3 ilustra cómo calcular los caballos de fuerza necesarios (en potencia de freno o BHP) para una bomba eléctrica usando información típica del sistema.

Cuadro 3: Tamaño de la bomba	
Dada la siguiente información:	
Q	= Tasa de circulación (en galones por minuto) = 5 gal/min.
P	= Presión (en psig) = 800 psig
E	= Eficiencia = 0.85
Calcule:	
	= $(Q \times P / 1,714) \times (1/E)$
BHP	= $(5 \times 800 / 1,714) \times (1/0.85)$
BHP	= 2.75

En el ejemplo que se muestra en el Cuadro 3, el operador necesitará por lo menos una bomba de 2.75 caballos de fuerza, y por lo tanto debe redondearse al siguiente tamaño disponible (por ejemplo, una bomba de 3.0 BHP).

Los operadores quizá deban obtener una bomba que sea un tamaño mayor que el que dicte la fórmula anterior. Una bomba más grande ofrece capacidad adicional para, de ser necesario, aumentar la tasa de circulación del glicol para operar con una entrada de gas con un contenido más alto de agua, o para cumplir con especificaciones de salida más estrictas. También están disponibles bombas eléctricas de velocidad variable. Aunque la operación de las bombas más grandes o de las bombas de velocidad variable puede costar un poco más, un tamaño más grande proporciona una medida adicional de seguridad y flexibilidad para cubrir imprevistos.

Paso 3: Calcular los costos de capital, operación y mantenimiento. Los costos relacionados con las bombas eléctricas incluyen el capital para comprar el equipo, la instalación y la operación continua y el mantenimiento.

(a) Costos de capital e instalación

Las bombas eléctricas pueden costar de \$1,100 hasta casi \$10,000 dependiendo de los caballos de fuerza de la unidad. El Cuadro 4 presenta una gama de muestras de costo de capital para bombas eléctricas de diferentes tamaños usadas típicamente para los deshidratadores de glicol. Los operadores también deben considerar los costos de instalación cuando evalúen los aspectos económicos de las bombas eléctricas. Debe calcularse el 10 por ciento del costo de capital para la instalación. Coordinar los reemplazos con las suspensiones de servicio para mantenimiento puede minimizar los costos de instalación.

Cuadro 4: Costo de capital de las bombas eléctricas

Tamaño del motor de la bomba (BHP)	.25	.50	.75	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	7.5	10
Costo de la bomba y el motor (\$)	1,100	1,150	1,200	1,260	1,300	1,370	1,425	2,930	3,085	3,250

Fuente: Kimray, Inc.

(b) Costo de operación y mantenimiento

El costo principal de operación de una bomba eléctrica es la electricidad necesaria para energizar la unidad. En general, el requisito de kilovatios (kW) para operar una bomba es casi igual al de BHP. Por ejemplo, una bomba de 3.0 BHP necesitará aproximadamente 3.0 kW para operarse.

En 2003, el costo promedio de compra de electricidad en los sectores comerciales e industriales fluctuó de \$0.046 a \$0.075 por kilovatio-hora (kWh) a nivel nacional; la electricidad generada en el lugar costó aproximadamente \$0.02 por kWh. Si los costos de electricidad se supone que son aproximadamente \$0.06 por kWh, el costo calculado para la compra de energía para la bomba de 3.0 BHP identificada anteriormente deberá ser de \$1,600 al año (3.0 kW x 8,760 horas/año x \$0.06/kWh). El costo para la electricidad generada en el lugar sería aproximadamente \$525 al año (3.0 kW x 8,760 horas/año x \$0.02/kWh).

El costo típico de mantenimiento de las bombas de glicol propulsadas con gas fluctúa de \$200 a \$400 al año. El costo de mantenimiento se relaciona principalmente con el reemplazo de los arosellos y los costos relacionados de mano de obra. Normalmente estos reemplazos se necesitan una vez cada tres a seis meses.

Las bombas eléctricas generalmente son impulsadas por engranes. No tienen piezas recíprocas de bomba y no dependen de piezas elastoméricas, deslizadores, pistones, válvulas de retención o arosellos, los cuales están todos sujetos a desgaste, deterioro y reemplazo. Por lo tanto, el costo de mantenimiento de las bombas eléctricas generalmente es menor que el costo de mantenimiento de las bombas de glicol propulsadas con gas. El costo anual de las bombas eléctricas puede calcularse en aproximadamente \$200 al año por mano de obra, artículos de consumo (lubricación y sellos) e inspección.

Paso 4: Calcular la cantidad y el valor de los ahorros de gas. Debido a que las bombas eléctricas no emiten metano, los ahorros de emisiones de instalar estas bombas son iguales a las emisiones de la bomba propulsada con gas que se reemplaza. La cantidad de emisiones que se evita puede multiplicarse por el precio del mercado del gas para determinar el valor total de los ahorros de gas. Nota: si la unidad de deshidratación de glicol tiene un depósito separador de líquido, y un uso beneficioso para todo el gas recuperado, entonces los ahorros de gas podrían no ser, por sí mismos, suficiente justificación para instalar una bomba eléctrica.

(a) Cálculo de las emisiones de metano de la bomba impulsada con gas

El cálculo de las emisiones es un proceso de dos pasos, el cual consiste en el cálculo de un factor de emisiones de las características operativas de la unidad (presión, temperatura, especificaciones de humedad) y después la multiplicación del factor de emisiones de la unidad por el factor de actividad (la cantidad de gas que se procesa anualmente). El Cuadro 5 presenta fórmulas para el cálculo de emisiones potenciales de metano de una bomba impulsada con gas, y por consiguiente, el potencial de ahorros de metano por reemplazar la bomba impulsada por gas con una bomba eléctrica.

Cuadro 5: Cálculo de emisiones de metano de deshidratadores de glicol¹

Paso 1: Cálculo del factor de emisiones

Dada la siguiente información:

EF = Factor de emisiones (scf de gas natural emitido/MMcf de gas procesado)

PGU = Uso de la bomba de gas (scf de gas natural emitido/galón de trietilenglicol)²

G = Proporción de glicol por agua (galones de TEG/lb de agua extraída)³

WR = Tasa de agua extraída (lb de agua extraída/MMcf de gas procesado)

OC = Proporción de sobrecirculación

Calcule:

EF = PGU x G x WR x OC

Paso 2: Cálculo de emisiones totales

Dada la siguiente información:

TE = Emisiones totales

AF = Factor de actividad (MMcf de gas procesado anualmente)

Calcule:

TE = EF x AF

¹ En *Lecciones Aprendidas* de EPA se presentan métodos de cálculo y valores estándar: *Optimización de la circulación de glicol e instalación de los depósitos separadores de líquido en los deshidratadores de glicol (Optimize Glycol Circulation and Install Flash Tank Separators in Glycol Dehydrators)*.

² Regla general de la industria: 3 pies³/galón de bomba impulsada por gas, 1 pie³/galón de bomba eléctrica; la diferencia es 2 pies³/galón.

³ Regla general aceptada por la industria: 3 galones de trietilenglicol/libra de agua.

Los operadores de campo con frecuencia saben o pueden calcular el uso de gas de la bomba y la proporción de glicol por agua. Para determinar la calidad de agua que necesita extraerse (WR), consulte el Apéndice A, el cual presenta un juego de curvas derivadas empíricamente. Usando la temperatura de entrada de gas y la presión del sistema, puede determinarse el contenido de agua saturada leyendo el valor correspondiente en donde la curva de psig interseca la temperatura. Para determinar el agua que necesita extraerse (WR) reste 4 lb/MMcf a 7 lb/MMcf de agua del valor de contenido de agua. El límite de 4 lb/MMcf por 7 lb/MMcf de contenido de agua se basa en las especificaciones típicas de tubería para el contenido de agua en la corriente de gas.

Para calcular la proporción de sobrecirculación, use una proporción de 1:1 ($OC = 1$) si no hay sobrecirculación y una proporción de 2.1:1 ($OC = 2.1$) si la sobrecirculación es un problema. Estas proporciones se basan en el promedio de proporciones medidas de 10 unidades de campo reportadas por el Gas Research Institute.

Dos ejemplos para determinar la extracción de agua (WR), el factor de emisión (EF) y las emisiones totales (TE) se proporcionan en las páginas siguientes. Cada ejemplo muestra una gama de ahorros basados en dos suposiciones diferentes de entrada. El ejemplo 1, presenta una corriente de gas a alta presión, y el ejemplo 2 presenta una corriente a baja presión.

Ejemplo 1: Corriente de gas a alta presión:

Este ejemplo de sistema de deshidratación tiene una presión de entrada de 800 psig, una temperatura de 94°F y una proporción de glicol por agua de 3.0 galones de trietilenglicol por libra de agua recuperada. Usando el Apéndice A, el contenido de agua saturada en la corriente de gas se calcula mediante la lectura del valor correspondiente en donde la curva de 800 psig cruza la línea de 95°F. En este ejemplo, el contenido de agua es aproximadamente 60 lb por MMcf. Al restar el requisito de tubería de 7 lb/MMcf, se obtiene 53 lb de agua, la cual debe extraerse de la corriente del gas y ser absorbida por el trietilenglicol. El uso de gas bombeado es de 2 scf de gas natural por galón de trietilenglicol.

Al aplicar estos datos a la fórmula del factor de emisiones se obtiene una gama de 318 a 668 scf de gas emitido por cada MMcf de gas procesado. Suponiendo que el deshidratador procese 10 MMcf de gas húmedo diariamente, el volumen adicional de gas recuperado será 1,160 a 2,440 Mcf al año. El Cuadro 6 resume este ejemplo.

Cuadro 6: Ejemplo 1: Cálculo de las emisiones de metano de un deshidratador de glicol con gas de entrada de alta presión (800 psig)

En donde:

- EF = Factor de emisiones (scf de gas natural emitido/MMcf de gas procesado)
- PGU = Uso de la bomba de gas (scf de gas natural emitido/galón de trietilenglicol)
- G = Proporción de glicol por agua (galones de TEG/lb de agua extraída)
- WR = Tasa de agua extraída (lb de agua extraída/MMcf de gas procesado)
- OC = Proporción de sobrecirculación
- TE = Emisiones totales
- AF = Factor de actividad (MMcfd de gas procesado)

Dada la siguiente información:

- PGU = 2 scf de gas natural emitido/galón de trietilenglicol
- G = 3.0 galones de trietilenglicol/lb de agua extraída
- WR = 53 lb de agua extraída/MMcf de gas procesado
- OC = 1:1 a 2.1:1
- AF = 10 MMcfd de gas procesado

Calcule:

$$\begin{aligned} EF &= PGU \times G \times WR \times OC \\ &= 2 \times 3.0 \times 53 \times (\text{Proporción: 1 por 2.1}) \\ &= 318 \text{ a } 668 \text{ scf/MMcf} \\ TE &= EF \times AF \\ &= (318 \text{ a } 668) \times 10 \\ &= (3,180 \text{ a } 6,680) \text{ scfd} \times 365 \text{ días/año} \div 1,000 \text{ scf/Mcf} \\ &= 1,160 \text{ a } 2,440 \text{ Mcf/año} \end{aligned}$$

Ejemplo 2: Corriente de gas a baja presión:

El sistema usa una presión de entrada de 300 psig y una temperatura de 94°F y una proporción de glicol por agua de 3.0 galones de trietilenglicol por libra de agua recuperada. Para repetir, en lo que se refiere a las curvas e Smith Industries (Apéndice A), el contenido de agua es aproximadamente 130 lb por MMcf. Por lo tanto, deben extraerse 123 lb de agua de la corriente de gas natural y ser absorbidas por el trietilenglicol para cumplir con las normas de tuberías. En este ejemplo, el tamaño de la bomba es de 3.0 BHP y el uso de gas de la bomba es de 2.8 scf de gas natural emitido por galón de trietilenglicol. Usando la fórmula, se calcula un factor de emisiones (EF) de 1.03 a 2.17 Mcf/MMcf. Suponiendo que el deshidratador procese 10 MMcf de gas húmedo diariamente, el volumen adicional de gas recuperado será 3,760 a 7,921 Mcf al año. El Cuadro 7 resume este ejemplo.

Cuadro 7: Ejemplo 2: Cálculo de las emisiones de metano de un deshidratador de glicol con gas de entrada de baja presión (300 psig)

En donde:

- EF = Factor de emisiones (scf de gas natural emitido/MMcf de gas procesado)
- PGU = Uso de la bomba de gas (scf) de gas natural emitido/galón de trietilenglicol)
- G = Proporción de glicol por agua (galones de TEG/lb de agua extraída)
- WR = Tasa de agua extraída (lb de agua extraída/MMcf de gas procesado)
- OC = Proporción de sobrecirculación
- TE = Emisiones totales
- AF = Factor de actividad (MMcfd de gas procesado)

Dada la siguiente información:

- PGU = 2.8 scf de gas natural emitido/galón de trietilenglicol
- G = 3.0 galones de trietilenglicol/lb de agua extraída
- WR = 123 lb de agua extraída/MMcf de gas procesado
- OC = 1:1 a 2.1:1
- AF = 10 MMcfd de gas procesado

Calcule:

- EF = $PGU \times G \times WR \times OC = 2.8 \times 3.0 \times 123 \times (\text{Proporción: } 1 \text{ a } 2.1) = 1,030 \text{ a } 2,170 \text{ scf/MMcf}$
- TE = $EF \times AF = (1030 \text{ a } 2170) \times 10 = 10,300 \text{ a } 21,700 \text{ scfd} \times 365 \text{ días/año} \div 1000 \text{ scf/Mcf} = 3,760 \text{ a } 7,921 \text{ Mcf/año}$

(b) Cálculo del valor de los ahorros de metano

Para determinar el valor total de los ahorros de metano, simplemente multiplique la reducción total de emisiones por el precio del gas. Suponiendo un valor de \$3.00 por Mcf, ambos ejemplos, alta y baja presión, presentados anteriormente rinden ahorros importantes anualmente. El aumento de ventas de gas del sistema de alta presión fluctuará de \$3,480 a \$7,320 al año, mientras que el sistema de baja presión rendirá un ahorro de \$11,280 a \$23,760 al año.

Paso 5: Calcular los beneficios económicos netos del reemplazo. Para calcular los beneficios económicos netos de reemplazar una bomba de glicol propulsada con gas por una bomba eléctrica, compare el valor del gas ahorrado con el costo inicial de la bomba eléctrica, más la electricidad y los costos de operación y mantenimiento.

Como regla general, si el costo de la electricidad sobrepasa el valor del metano recuperado y los costos que se evitan de operación y mantenimiento, reemplazar la bomba de glicol propulsada con gas no puede justificarse basándose solamente en el costo. Sin embargo, incluso en dichos casos, otros factores, como las tasas más bajas de contaminación y los beneficios al medio ambiente (por ejemplo, la reducción de las emisiones de los componentes orgánicos volátiles y los contaminantes peligrosos del aire) podrían hacer que las bombas eléctricas sean una opción atractiva en ciertos lugares.

El cuadro siguiente usa el ejemplo de baja presión del Paso 4 para demostrar los ahorros posibles que están disponibles para los operadores que compran electricidad.

Cuadro 8: Ejemplo de los beneficios económicos de reemplazar una bomba de glicol propulsada con gas por una bomba eléctrica, gas de entrada a baja presión

Volumen de gas ahorrado al año (Mcf)	Valor del ahorro de gas al año ¹	Costo de una bomba eléctrica de 3.0 BHP ²	Costo de electricidad al año	Mantenimiento de la bomba eléctrica (\$/año)	Mantenimiento de la bomba propulsada con gas (\$/año)	Plazo de recuperación de la inversión en meses
3,760 - 7,921	\$11,280 - \$23,763	\$1,853	\$1,576	200	400	2 - 4
¹ Gas valorizado en \$3.00 por Mcf. ² Incluye el costo de capital y de instalación, los cuales se supone que son el 30 por ciento del costo de capital en este ejemplo.						

Es importante notar que los tamaños más grandes de bomba requieren una mayor inversión inicial, y los costos más altos de electricidad pueden alargar el plazo de recuperación de la inversión. Por lo tanto es importante calcular correctamente el tamaño de bomba necesario y para circular el trietilenglicol a la tasa óptima.

Además, como parte de estudiar los aspectos económicos globales del reemplazo, los operadores deben considerar el tiempo de los reemplazos. Generalmente es conveniente reemplazar con bombas eléctricas las bombas viejas de glicol propulsadas con gas, al final de sus vidas útiles. También podría ser conveniente reemplazar las bombas propulsadas con gas que no estén al final de sus vidas útiles, pero que han comenzado a necesitar mantenimiento más frecuente a causa de una mayor contaminación.

Ahorros reportados por los participantes

Un participante de Natural Gas STAR reportó recuperar un promedio de 15,000 Mcf/año de metano al reemplazar cuatro bombas de glicol propulsadas con gas por bombas eléctricas. A \$3.00 por Mcf, esta cantidad dio un promedio de \$45,000 en ventas comerciales adicionales.

Lecciones aprendidas

Instalar bombas eléctricas para reemplazar las bombas de glicol propulsadas con gas puede ofrecer ventajas importantes operativas, ambientales y económicas. Los participantes de Natural Gas STAR ofrecen las siguientes lecciones aprendidas:

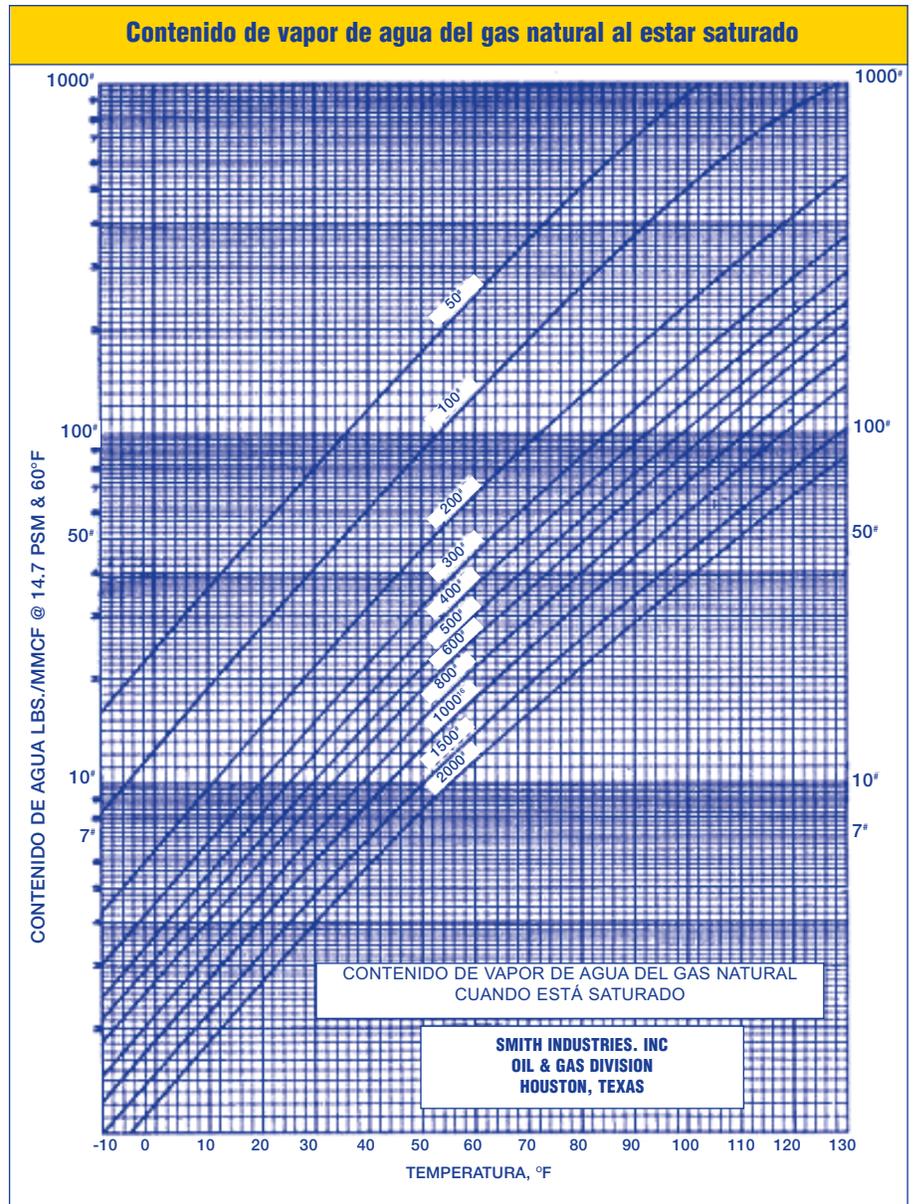
- ★ Las bombas de glicol propulsadas con gas con frecuencia pueden reemplazarse económicamente por bombas eléctricas si existe ya una fuente disponible de electricidad.
- ★ Las bombas eléctricas están disponibles en capacidades y eficiencias variables. Se exhorta a los operadores a trabajar con varios fabricantes de bombas para encontrar el tipo más adecuado.
- ★ Al determinar el tamaño de la bomba eléctrica, los operadores pueden obtener una bomba que es un tamaño más grande que lo normal. Esto permitirá tener una capacidad adicional de circulación que puede ser útil si el contenido de agua aumenta conforme madura el campo o si “se desagua”.
- ★ Las bombas de glicol, ya sean de glicol propulsadas con gas o eléctricas, representan solamente un elemento del sistema de deshidratación. Los operadores deben considerar el proceso de deshidratación como un todo, incluyendo la composición de glicol, las tasas de circulación, la temperatura y presión del contactor, la composición del gas de entrada, los requisitos del punto de condensación y las temperaturas del rehervidor.
- ★ Los participantes que estén considerando reemplazar las bombas propulsadas con gas por bombas eléctricas deben revisar las otras oportunidades para reducir las emisiones de metano de los sistemas de deshidratación. Vea *Lecciones Aprendidas* de EPA: *Optimize Glycol Circulation and Install Flash Tank Separators in Glycol Dehydrators* (Optimización de la circulación de glicol e instalación de los depósitos separadores de líquido en los deshidratadores de glicol.)
- ★ Los deshidratadores de glicol con depósitos separadores de líquido podrían no ser buenos candidatos para reemplazar las bombas propulsadas con gas, debido a que la mayoría del gas excesivo se recupera y se pone a buen uso o se recicla.
- ★ Incluya la reducción de las emisiones de metano del reemplazo de las bombas de glicol propulsadas con gas por bombas eléctricas en informes anuales presentados como parte del Programa de Natural Gas STAR.

Nota: La información de costo provista en este documento se basa en cálculos para Estados Unidos. Los costos de equipo, mano de obra y el valor del gas variarán dependiendo del lugar, y podrían ser mayores o menores que en los Estados Unidos. La información sobre costo presentada en este documento solamente debe usarse como guía al determinar si las tecnologías y las prácticas son convenientes económicamente para sus operaciones.

Referencias

- American Petroleum Institute. Specifications for Glycol-Type Dehydration Units (Spec 12 GDU). Julio de 1993.
- American Petroleum Institute. Glycol Dehydration. PROFIT Training Series, 1979.
- Ballard, Don. How to Improve Glycol Dehydration. Coastal Chemical Company.
- Collie, J., M. Hlavinka, and A. Ashworth. An Analysis of BTEX Emissions from Amine Sweetening and Glycol Dehydration Facilities. 1998 Laurance Reid Gas Conditioning Conference Proceedings, Norman, OK.
- Garrett, Richard. Making Choices—A Look at Traditional and Alternative Glycol Pump Technology.
- Gas Research Institute. Technical Reference Manual for GRI-GLYCalc TM Version 3.0 (GRI-96/0091).
- Gas Research Institute and U.S. Environmental Protection Agency. Methane Emissions from Gas-Assisted Glycol Pumps. Enero de 1996.
- The Hanover Compressor Company. Contacto personal.
- Kimray, Inc. Contacto personal.
- Radian International LLC, "Methane Emissions from the Natural Gas Industry. Volume 15: Gas-Assisted Glycol Pumps" Draft Final report, Gas Research Institute and U.S. Environmental Protection Agency, abril de 1996.
- Rotor-Tech, Inc. Contacto personal.
- Tannehill, C.C., L. Echterhoff, and D. Leppin. "Production Variables Dictate Glycol Dehydration Costs." American Oil and Gas Reporter, marzo de 1994.
- Tingley, Kevin. U.S. EPA Natural Gas STAR Program. Contacto personal.
- Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories: Oil and Natural Gas Production and Natural Gas Transmission and Storage-Background Information for Proposed Standards (EPA-453/R-94-079a, abril de 1997).
- Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos. Lecciones Aprendidas: Reducing the Glycol Circulation Rates in Dehydrators (EPA430-B-97-014, mayo de 1997).
- Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos. Lecciones Aprendidas: Installation of Flash Tank Separators (EPA430-B-97-008, octubre de 1997).
- Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos. "Methods for Estimating Methane Emissions from National Gas and Oil Systems". Emissions Inventory Improvement Program, Volumen. III, Capítulo 3, octubre de 1999.

APÉNDICE A



Source: Kimray, Inc.



Agencia de Protección del Medio
Ambiente de los Estados Unidos
Aire y Radiación (6202J)
1200 Pennsylvania Ave., NW
Washington, DC 20460

EPA430-B-03-014S
Enero de 2004